



Original researches

Dynamics of Microorganism in Dark Kastanozems in Different Systems of Basic Tillage and Fertilizer in Crop Rotation on Irrigation

Received: 09 August 2018
Revised: 22 August 2018
Accepted: 24 August 2018

Kherson State Agrarian University,
Stretenskaya Str., 23, Kherson, 73006, Ukraine

Tel.: +38-0552-41-78-65
E-mail: mark.elena@ukr.net

Cite this article: Markovskaya, O. E. (2018). Dynamics of microorganism in dark kastanozems in different systems of basic tillage and fertilizer in crop rotation on irrigation. *Agrology*, 1(3), 294-299. doi: 10.32819/2617-6106.2018.13009

O. E. Markovskaya
Kherson State Agrarian University, Kherson, Ukraine

Abstract. The influence of the systems of basic tillage on the number of microorganisms for the cultivation of winter barley, corn for grain and soybean in irrigated crop rotation in the South of Ukraine was determined. Placement of variants of the experiment of basic tillage was carried out: plowing – plow PLN-5-35; chisel loosening – GRNF-4M and CHG-40-02; disk to a shallow depth (12–16 cm) – heavy disk harrow BDVP-4,2; disk on surface (6–8 cm) – light disk harrow BDLP-4 with soil rollers. Placement of variants in the experiment is systematic, repetition – four times, area of sites – 450 m². The control variant is the generally accepted system of multi-depth plowing to a depth of 20–22 cm for winter barley and 28–30 cm – for corn for grain. It was found that the beginning of the spring vegetation of winter barley with the background of N₇₅R₆₀ per 1 hectare of crop rotation area, the largest number of microorganisms (27.16 million pieces/g of absolutely dry soil) noted in the variant of multi-depth basic tillage with the rotation. In the case of plowing at one depth (12–14 cm) the number of ammonifying microorganisms was the lowest compared to other systems of primary tillage and relatively to plowing (23–25 cm) decreased by 12–23%. Inoculation of soybean seeds with a bacterial substances ABM (bacteria of the genus *Rhizobium*, strains 201, 202, 203) with fertilizing of N₆₀P₆₀ in the period from the beginning of the vegetation and before harvesting, there was an increase in the number of microorganisms within from 7.0 to 15.5%, in the case of shallow plowing at one depth and in variants with differentiated tillage. Increasing the nitrogen doze from N₇₅ to N_{97.5} provides for an increase in the number of microorganisms by 4.4% and contributes to the improvement of agro-physical properties, increases the levels of plant nutrition with mineral nutrients and moisture.

Keywords: soil, irrigation, winter barley, corn, soybean, bacterial substances.

Динаміка чисельності мікроорганізмів у темно-каштановому ґрунті за різних систем основного обробітку та удобрення в сівозміні на зрошенні

O. E. Марковська
Херсонський державний аграрний університет, Херсон, Україна

Анотація. Визначено вплив систем основного обробітку ґрунту на чисельність мікроорганізмів за вирощування ячменю озимого, кукурудзи на зерно та сої в короткоротаційній сівозміні на зрошенні в умовах Півдня України. Закладання варіантів дослідів з основного обробітку ґрунту: оранка – плугом лемішним ПЛН-5-35; чизельне розпушування – чизельним глибокорозпушувачем ГРНФ-4М та ЧГ-40-02; дисковий мілкий обробіток (12–16 см) – важкою дисковою бороною БДВП-4,2; дисковий поверхневий обробіток (6–8 см) – легкою дисковою бороною БДЛП-4 з котками. Розміщення варіантів у досліді систематичне, повторність – чотириразова, площа ділянок – 450 м². За контроль прийнята загальновизнана система різноглибинної оранки на глибину від 20–22 см під ячмінь озимий, до 28–30 см – під кукурудзу на зерно. Встановлено, що на початку весняної вегетації ячменю озимого на фоні внесення N₇₅P₆₀ на 1 га сівозмінної площі найбільша кількість мікроорганізмів (27,16 млн шт./г абсолютно сухого ґрунту) відзначена у варіанті різноглибинного основного обробітку з обертанням скиби. У варіанті одноглибинного мілкого (12–14 см) безполицевого обробітку чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів була найменшою на фоні інших систем основного обробітку ґрунту, а відносно оранки (23–25 см) знизилася на 12–23%. За інокуляції насіння сої бактеріальним препаратом АБМ (бактерії роду *Rhizobium*, штами 201, 202, 203) на фоні внесення добрив у дозі N₆₀P₆₀ у період від початку вегетації і до збирання врожаю відмічалася збільшення чисельності мікроорганізмів у межах від 7,0 до 15,5% у разі проведення мілкого одноглибинного безполицевого обробітку та у варіантах з диференційованим обробітком ґрунту. Збільшення дози азотного добрива з N₇₅ до N_{97.5} забезпечує зростання кількості мікроорганізмів на 4,4% та сприяє покращанню агрофізичних властивостей, підвищує рівні забезпеченості рослин елементами мінерального живлення та вологою.

Ключові слова: ґрунт, зрошення, ячмінь озимий, кукурудза, соя, бактеріальні препарати.

Вступ

У сучасній аграрній науці значна увага приділяється впливу систем основного обробітку ґрунту, зрошення та удобрення на біологічну активність і режим живлення сільськогосподарських рослин (Lebed et al., 1992; Geisseler et al., 2017). Встановлено, що обробіток ґрунту впливає на розподіл елементів мінерального живлення в оброблюваному шарі, проте з цього питання одержано неоднозначні висновки вченими різних країн (Maharjan et al., 2018; Cano et al., 2018; Zhang et al., 2018). Пояснюється це різноманітністю й рівнем окультуреності ґрунтів, біологічною активністю орного горизонту і окремих його шарів, умістом у них більшої чи меншої кількості сполук азоту, фосфору та калію, які в землеробстві мають пріоритетне значення (Vamminger et al., 2016; Pramanik et al., 2017; Jia et al., 2018).

Ґрунтові мікроорганізми вважаються чутливим індикатором стану та якості ґрунтів. У системах землеробства на мікроорганізми, які розташовані в різних шарах ґрунту, суттєво впливає обробіток ґрунту та внесення мінеральних добрив. Дослідження в природних екосистемах свідчать про те, що підвищення кількості азоту зменшує мікробну біомасу, проте мікроорганізми в ґрунтах штучних агрофітоценозів часто активізуються, розмножуються та поширюються при внесенні мінеральних добрив (Joergensen & Wichern, 2018; Duchene et al., 2017; D'Hose et al., 2018).

Дослідженнями в різних країнах світу встановлено, що обробіток ґрунту безпосередньо впливає на мікробіологічні процеси в ґрунті при вирощуванні різних за біологічними властивостями культур у сівозміні, що потребує комплексного аналізу їх динаміки та активності з точки зору формування сучасних біологізованих систем землеробства (Blagodatskaya & Kuzyakov, 2013; Segal et al., 2017; Zanella et al., 2018). Результатами досліджень впливу біологічної активності на поживний режим і агрофізичні властивості ґрунту при застосуванні різних систем удобрення та обробітку ґрунту в сівозміні на зрошенні доведено, що будь-яка сільськогосподарська культура створює в ґрунтах характерне для неї мікробне угруповання (Kots et al., 2008; Wang et al., 2017; Kölli et al., 2017). Тому дуже важливо сформувавши мікробний ценоз, який забезпечує перехід важкодоступних форм поживних речовин у доступні, що покращує поживний режим ґрунту, підвищує врожайність сільськогосподарських культур сівозмін, якість продукції, економічні та енергетичні показники. Мікроорганізми у взаємодії зі сільськогосподарськими культурами забезпечують їх додатковими поживними речовинами, особливо азотом, підвищують стійкість рослин до дефіциту вологи, збільшують вміст органічної речовини в ґрунті (Ahmed et al., 2018; Bei et al., 2018; Yang et al., 2016).

Ученими за напрямками ґрунтознавства та мікробіології доведено, що мікроорганізмам належить виняткова роль у ґрунтових процесах, оскільки під впливом біологічних факторів створюються основні властивості ґрунтів, які відрізняють їх від гірської породи. У кожному окремому шарі орного горизонту мікроорганізми розміщуються нерівномірно. Крім цього, існує загальна тенденція до поступового зниження чисельності мікроорганізмів із заглибленням у ґрунт (Hydbom et al., 2017; Lurwayi et al., 2012; Molina-Montenegro et al., 2016).

Мета наших досліджень полягала у вивченні динаміки чисельності мікроорганізмів у темно-каштановому ґрунті за різних систем основного обробітку та удобрення в сівозміні на зрошенні в умовах Півдня України.

Матеріал і методи досліджень

Роботи проводили згідно з вимогами дослідної справи (Ushkarenko et al., 2008) та спеціальних методик (Zvyagintseva, 1991; Veremeenko & Trushev, 2011) у 2011–2015 рр. у стаціо-

нарному досліді відділу зрошувального землеробства на землях дослідного поля Інституту зрошувального землеробства НААН України у 4-пільній сівозміні в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи. Вивчали п'ять систем основного обробітку ґрунту, які відрізнялися між собою глибиною розпушування, витратами непоновлюваної енергії на їх виконання та випробовувалося дві системи органо-мінерального живлення за певними схемами.

Фактор А (обробіток ґрунту) – системи:

- різноглибинного полицевого обробітку (контроль);
- різноглибинного безполицевого обробітку;
- одноглибинного мілкого дискового обробітку;
- диференційованого обробітку ґрунту з одним щільюванням на 38–40 см за ротацію сівозміни (диференційований-1);
- диференційованого обробітку ґрунту в сівозміні з однією оранкою на 28–30 см за ротацію сівозміни (диференційований-2).

Фактор В (фон мінерального живлення досліджуваних культур сівозміни з використанням на добриво всієї побічної продукції сільськогосподарських культур) – внесення на 1 га сівозмінної площі:

- 75 кг діючої речовини азотного добрива та 60 кг діючої речовини фосфорного;
- 97,5 кг діючої речовини азотного добрива та 60 кг діючої речовини фосфорного.

Для обробки насіння сої використовували біопрепарат АБМ, який містить бульбочкові бактерії роду *Rhizobium* (штами 201, 202, 203).

У зрошуваній сівозміні досліджували сільськогосподарські культури: ячмінь озимий, кукурудза на зерно, соя. Закладання варіантів досліді з основного обробітку ґрунту проводили: оранка – плугом лемішним ПЛН-5-35; чизельне розпушування – чизельним глибокорозпушувачем ГРНФ-4М та ЧГ-40-02; дисковий мілкий обробіток (від 12 до 16 см) – важкою дисковою бороною БДВП-4,2; дисковий поверхневий обробіток (6–8 см) – легкою дисковою бороною БДПП-4 з котками. Розміщення варіантів у досліді систематичне, повторність – чотириразова, площа ділянок – 450 м². За контроль прийнята загальновизнана система різноглибинної оранки на глибину від 20–22 см під ячмінь озимий до 28–30 см – під кукурудзу на зерно.

Результати

Динаміка чисельності амоніфікуючих мікроорганізмів під посівами ячменю озимого свідчить про те, що на початку вегетації за глибокого полицевого та безполицевого обробітку ґрунту на 20–22 см їх кількість у шарі ґрунту 0–40 см була більшою, відповідно, на 6,26 та 4,40 млн шт./г абсолютно сухого ґрунту, відносно варіанта одноглибинного мілкого обробітку на глибину 12–14 см (табл. 1). У варіанті диференційованої системи обробітку ґрунту з чизельним розпушуванням під ячмінь на 12–14 см чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів, порівняно з контролем, зменшилася на 16,4–26,1%.

Від способу основного обробітку ґрунту аналогічно змінюється і кількість олігонітрофілних мікроорганізмів. Найбільше їх було в ґрунті варіанта різноглибинної оранки: у шарі 0–40 см – 21,73 млн шт./г. За диференційованих систем основного обробітку з поверхневим розпушуванням ґрунту на глибину 8–10 см мікроорганізмів налічувалося менше на 14,7%, а за мілкого розпушування (12–14 см) зниження становило 22%, тоді як у варіанті одноглибинного мілкого безполицевого обробітку ґрунту їх кількість зменшилася на 27,9%. Таке збільшення чисельності даних груп мікроорганізмів на фоні різноглибинних систем основного обробітку ґрунту можна пояснити більш глибоким розпушуванням ґрунту, яке сприяє кращій активізації мікробіологічних процесів.

Таблиця 1. Чисельність різних груп мікроорганізмів у шарі ґрунту 0–40 см під посівами ячменю озимого за різних систем основного обробітку ґрунту (середнє за 2011–2015 рр.)

№ вар.	Система основного обробітку ґрунту	Спосіб і глибина обробітку, см	Кількість мікроорганізмів в 1 г абсолютно сухого ґрунту			
			амоніфікуючі, млн шт.	олігонітрофільні, млн шт.	нітрифікуючі, тис. шт.	целюлозоруйнівні, тис. шт.
Початок вегетації						
1	Полицева різноглибинна	20–22 (о)	27,16	21,73	8,96	2,24
2	Безполицева різноглибинна	20–22 (ч)	25,30	20,36	12,39	1,99
3	Безполицева одноглибинна мілка	12–14 (ч)	20,90	15,66	10,18	1,94
4	Диференційована–1	12–14 (ч)	23,34	16,96	9,46	2,52
5	Диференційована–2	8–10 (п)	21,54	18,54	10,46	2,84
Перед збиранням урожаю						
1	Полицева різноглибинна	20–22 (о)	21,41	19,80	8,26	1,70
2	Безполицева різноглибинна	20–22 (ч)	20,11	18,84	8,24	1,88
3	Безполицева одноглибинна мілка	12–14 (ч)	20,37	19,22	8,44	1,74
4	Диференційована–1	12–14 (ч)	20,90	18,17	8,32	1,72
5	Диференційована–2	8–10 (п)	19,15	18,67	9,19	1,93

Примітка: о – оранка; ч – чизельний обробіток; п – поверхневий обробіток.

Закономірне збільшення чисельності амоніфікуючих та олігонітрофільних мікроорганізмів у шарі ґрунту 0–40 см відбувалося у варіанті з різноглибинною оранкою і перед збиранням урожаю. У варіантах диференційованої системи обробітку ґрунту кількість амоніфікаторів за варіантами досліду в шарі ґрунту 0–40 см у період збирання врожаю зменшилася, порівняно з контролем, на 2,4–10,6%, а олігонітрофілів – на 5,7–8,2%.

Аналізуючи кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у ґрунті на початку вегетації, відзначимо, що в шарі ґрунту 0–40 см їх було найменше у варіанті оранки на глибину 20–22 см (8,96 тис. шт.), тоді як за безполицевого обробітку на таку саму глибину їх кількість збільшилася на 38,3%, а у ґрунті варіантів диференційованих систем з лущенням на 8–10 та 12–14 см збільшення становило відповідно 5,6 та 16,7%. Перед зби-

Таблиця 2. Чисельність різних груп мікроорганізмів у шарі ґрунту 0–40 см під посівами сої за різних доз добрив та способів основного обробітку ґрунту (середнє за 2011–2015 рр.)

№ вар.	Система основного обробітку ґрунту	Спосіб і глибина обробітку, см	Кількість мікроорганізмів в 1 г абсолютно сухого ґрунту			
			амоніфікуючі, млн шт.	олігонітрофільні, млн шт.	нітрифікуючі, тис. шт.	целюлозоруйнівні, тис. шт.
Початок вегетації (фон – N ₆₀ P ₆₀)						
1	Полицева різноглибинна	23–25 (о)	20,03	18,73	8,28	2,10
2	Безполицева різноглибинна	23–25 (ч)	18,87	18,29	8,74	1,84
3	Безполицева одноглибинна мілка	12–14 (ч)	17,62	18,47	8,00	1,85
4	Диференційована–1	12–14 (ч+щ)	17,66	17,68	8,84	1,74
5	Диференційована–2	14–16 (ч)	17,41	18,10	8,42	1,80
	Коефіцієнт варіації, %		6,1	2,3	4,1	7,4
Перед збиранням урожаю (N ₆₀ P ₆₀)						
1	Полицева різноглибинна	23–25 (о)	16,82	16,12	9,51	2,24
2	Безполицева різноглибинна	23–25 (ч)	16,64	18,92	9,46	2,27
3	Безполицева одноглибинна мілка	12–14 (ч)	18,65	16,96	9,04	2,47
4	Диференційована–1	12–14 (ч+щ)	18,74	15,56	9,49	2,53
5	Диференційована–2	14–16 (ч)	18,54	16,16	9,16	2,48
	Коефіцієнт варіації, %		5,9	7,9	2,3	5,5
Перед збиранням урожаю (N ₆₀ P ₆₀ +АБМ)						
1	Полицева різноглибинна	23–25 (о)	17,05	17,00	9,95	2,33
2	Безполицева різноглибинна	23–25 (ч)	17,41	19,00	9,54	2,24
3	Безполицева одноглибинна мілка	12–14 (ч)	18,24	16,92	9,28	2,48
4	Диференційована–1	12–14 (ч+щ)	18,90	16,76	9,53	2,55
5	Диференційована–2	14–16 (ч)	20,11	17,83	9,43	2,42
	Коефіцієнт варіації, %		6,8	5,3	2,6	5,1

Примітка: о – оранка; ч – чизельний обробіток; щ – щілювання.

ранням урожаю ячменю чітко простежується перевага впливу на чисельність нітрифікуючих мікроорганізмів лушення на 8–10 см за диференційованої системи обробітку (9,19 тис. шт.). Оранка на 20–22 см знижувала їх кількість на 10,1%.

Залежно від системи основного обробітку ґрунту змінювалася і чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів як на початку вегетації, так і перед збиранням урожаю. Їх кількість протягом усієї вегетації була найбільшою у варіанті диференційованої системи основного обробітку ґрунту з лушенням під ячмінь на 8–10 см. У варіантах безполицевого різноглибинного і одноглибинного мілкового обробітку спостерігалось зниження чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів на початку вегетації в шарі ґрунту 0–40 см на 29,9–31,7%, порівняно з варіантом 5. Перед збиранням урожаю кількість цих мікроорганізмів за варіантами дослідів досягла свого мінімуму і коливалася в межах 1,70–1,88 тис. шт.

Аналізуючи вплив системи основного обробітку ґрунту на чисельність мікроорганізмів, фіксуючих вільний азот атмосфери на початку вегетації сої, відзначимо максимальну кількість олігонітрофілів у шарі ґрунту 0–40 см на фоні оранки на глибину розпушування 23–25 см; в інших варіантах спостерігалось зменшення їх кількості в ґрунті від 1,4 до 5,6% (табл. 2). У період збирання врожаю, реєстрували зменшення їх кількості відносно початку вегетації, в усіх фонах живлення.

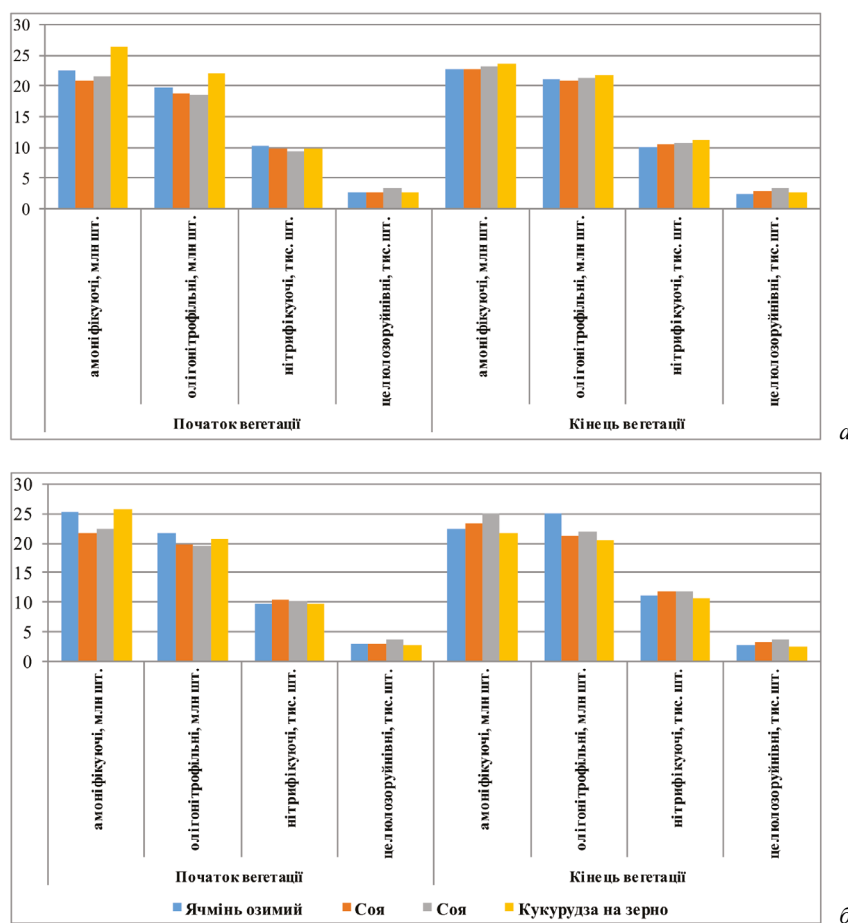
Перед збиранням урожаю на фоні внесення $N_{60}P_{60}$ кількість олігонітрофілів мікроорганізмів у середньому зменшилася на 16,7%, а за використання на цьому фоні біопрепарату АБМ – на 9,0%. За безполицевого різноглибинного обробітку ґрунту

(варіант 2) наприкінці вегетаційного періоду відзначено збільшення кількості цих мікроорганізмів на 3,4–3,9%.

Максимальна кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у шарі ґрунту 0–40 см на початку весняної вегетації культури виявилася на фоні чизельного обробітку на глибину розпушення 12–14 см у системі диференційованого основного обробітку ґрунту (варіант 4), що становило 8,84 тис. шт./г абсолютно сухого ґрунту, тоді як на інших системах цей показник реєструвався нижчим. На фоні внесення $N_{60}P_{60}$ за глибокого полицевого та безполицевого обробітків кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів у шарі ґрунту 0–40 см від початку вегетації і до збирання врожаю збільшилася на 6,7 та 23,4%, а за безполицевого мілкового обробітку на 12–14 та у варіантах з диференційованим обробітком на глибину 14–16 см збільшення коливалось в межах 37,7–45,4%. Із застосуванням на цьому фоні АБМ кількість мікроорганізмів у ґрунті підвищилася відповідно на 11,0–21,7 та 34,4–46,6%.

У середньому по сівозміні на початку весняної вегетації сільськогосподарських культур на фоні внесення $N_{75}P_{60}$ кг діючої речовини на 1 га сівозміної площі найбільша кількість мікроорганізмів формувалася на ділянках з кукурудзою на зерно, крім целюлозоруйнівних мікроорганізмів, яких більше було на другому полі сівозміни зі соєю (рисунк,а).

Збільшення дози азотного добрива з N_{75} до $N_{97,5}$ діючої речовини на 1 га сівозміної площі сприяло зростанню кількості мікроорганізмів на 4,4%, покращанню агрофізичних властивостей та забезпеченості рослин елементами мінерального живлення й вологою (рисунк,б).



Середня чисельність основних груп мікроорганізмів у шарі ґрунту 0–40 см на дослідних ділянках з різними культурами сівозміни та системи удобрення з внесенням:

а – $N_{75}P_{60}$ кг діючої речовини/га сівозміної площі;

б – $N_{97,5}P_{60}$ кг діючої речовини/га сівозміної площі

Обговорення

Польовими дослідженнями в різних ґрунтово-кліматичних умовах доведено, що останнім часом вартість обробітку ґрунту швидко зростає через підвищення цін на сільськогосподарську техніку, енергоносії та агрохімікати (Saljnikov et al., 2014; Agbede, 2010; Debiase et al., 2016). За таких умов інтенсивний обробіток ґрунту є не тільки високовитратним агрозаходом, але і негативно впливає на родючість ґрунту через пришвидшену мінералізацію ґрунтової органічної речовини (Götze et al., 2016; Liu et al., 2017). Нашими дослідженнями доведено, що обробіток ґрунту безпосередньо впливає на динаміку чисельності різних фізіологічних груп мікроорганізмів у верхніх горизонтах темно-каштанового ґрунту.

Мінімізуючи механічні порушення ґрунту під час його обробітку з'являється можливість зменшити руйнування органічної речовини та покращити діяльність ґрунтової мікрофлори (Ishaq et al., 2002; Bottinelli et al., 2017). Так, за мінімального та нульового обробітку ґрунту відзначено позитивний вплив на фізичні і біологічні властивості ґрунту за рахунок покращання агрегатного складу, водного, повітряного та поживного режимів ґрунту, що в кінцевому результаті підвищило загальну ферментативну здатність ґрунту (Dang et al., 2015; Lupwayi et al., 2010; Watts et al., 2017).

Ґрунтові мікроорганізми перетворюють амонійну форму азоту в нітратну з різним ступенем нітрифікації, яка залежить від впливу природних і агротехнічних чинників, зокрема доз внесення азотних добрив (Keshavarz et al., 2016; Tao et al., 2018). Мінімізація глибини основного обробітку ґрунту та нормування внесення добрив на зрошуваних землях сприяють зменшенню непродуктивного руйнування азоту, покращують споживання рослинами фосфору, підвищують урожайність сільськогосподарських культур, мають екологічні та економічні переваги (Fiedler et al., 2015; Yan et al., 2015; Perego et al., 2016; Williams et al., 2018; Jokela et al., 2016). Нами доведено, що чисельність ґрунтових мікроорганізмів значною мірою залежить від сільськогосподарської культури зрошуваної сівозміни. Так, при вирощуванні ячменю озимого кількість мікроорганізмів суттєво зменшувалася, а на ділянках з кукурудзою на зерно їх кількість була максимальною. У варіантах вирощування сої чималий позитивний вплив на кількість мікроорганізмів у ґрунті мало застосування біопрепарату АБМ.

Отже, чисельність мікроорганізмів у ґрунті зрошуваних агро-екосистем за різних систем основного обробітку та удобрення в короткоротаційних сівозмінах має широкий діапазон коливань і передусім залежить від біологічних особливостей культур сівозміни, основного обробітку ґрунту, системи удобрення.

Висновки

Кількість амоніфікуючих та олігонітрофільних мікроорганізмів під посівами ячменю озимого в шарі ґрунту 0–40 см на початку вегетації найбільша у варіантах різноглибинного полицевого та безполицевого обробітку ґрунту в сівозміні. Найбільша кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів відзначена у варіанті оранки на 20–22 см у системі різноглибинного полицевого обробітку ґрунту в сівозміні та поверхневого й чисельного розпушування за диференційованих систем. Проте чисельність нітрифікаторів за систематичної різноглибинної оранки зменшується, порівняно з іншими варіантами, на 5,3–27,7%.

Під посівами сої кількість амоніфікуючих, олігонітрофільних та целюлозоруйнівних мікроорганізмів набуває максимальних значень за оранки на 23–25 см у системі різноглибинного полицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні. Проведення систематичного безполицевого обробітку на 12–14 см під усі культури сівозміни знижує чисельність нітрифікуючих мікроорганізмів на 3,4% відносно контролю. За інокуляції насіння сої бактеріальним препаратом АБМ (бактерії роду *Rhizobium*, штами 201, 202, 203) на фоні внесення добрив у дозі $N_{60}P_{60}$ у період від

початку вегетації і до збирання врожаю відмічається збільшення чисельності мікроорганізмів у межах від 7,0 до 15,5% у разі проведення мілконого одноглибинного безполицевого обробітку та у варіантах з диференційованим обробітком ґрунту. Збільшення дози азотного добрива в сівозміні з N_{75} до $N_{97,5}$ забезпечує зростання кількості мікроорганізмів на 4,4% та сприяє покращанню агрофізичних властивостей, підвищує рівні забезпеченості рослин елементами мінерального живлення та вологою.

References

- Agbede, T. M. (2010). Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in south western Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 110 (1), 25–32. doi: [10.1016/j.still.2010.06.003](https://doi.org/10.1016/j.still.2010.06.003).
- Ahmed, M. A., Sanallah, M., Blagodatskaya, E., Mason-Jones, K., Jawad, H., Kuzyakov, Y., & Dippold, M. A. (2018). Soil microorganisms exhibit enzymatic and priming response to root mulch under drought. *Soil Biology and Biochemistry*, 116, 410–418. doi: [10.1016/j.soilbio.2017.10.041](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.10.041).
- Bamminger, C., Poll, C., Sixt, C., Högy, P., Wüst, D., Kandeler, E., & Marhan, S. (2016). Short-term response of soil microorganisms to biochar addition in a temperate agroecosystem under soil warming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 233, 308–317. doi: [10.1016/j.agee.2016.09.016](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.016).
- Bei, S., Zhang, Y., Li, T., Christie, P., Li, X., & Zhang, J. (2018). Response of the soil microbial community to different fertilizer inputs in a wheat-maize rotation on a calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 260, 58–69. doi: [10.1016/j.agee.2018.03.014](https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.014).
- Blagodatskaya, E., & Kuzyakov, Y. (2013). Active microorganisms in soil: Critical review of estimation criteria and approaches. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 192–211. doi: [10.1016/j.soilbio.2013.08.024](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.024).
- Bottinelli, N., Angers, D. A., Hallaire, V., Michot, D., Guillou, C. L., Cluzeau, D., Heddadj, D., & Menasseri-Aubry, S. (2017). Tillage and fertilization practices affect soil aggregate stability in a Humic Cambisol of Northwest France. *Soil and Tillage Research*, 170, 14–17. doi: [10.1016/j.still.2017.02.008](https://doi.org/10.1016/j.still.2017.02.008).
- Cano, A., Núñez, A., Acosta-Martínez, V., Schipani, M., Ghimire, R., Rice, C., & West, C. (2018). Current knowledge and future research directions to link soil health and water conservation in the Ogallala Aquifer region. *Geoderma*, 328, 109–118. doi: [10.1016/j.geoderma.2018.04.027](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.027).
- D'Hose, T., Molendijk, L., Vooren, L. V., Berg, W., Hoek, H., Runia, W., Evert, F., Berge, H., Spiegel, H., Sandèn, T., Grignani, C., & Ruyschaert, G. (2018). Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on European multiyear field experiments. *Pedobiologia*, 66, 18–28. doi: [10.1016/j.pedobi.2017.12.003](https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.12.003).
- Dang, Y. P., Moody, P. W., Bell, M. J., Seymour, N. P., Dalal, R. C., Freebairn, D. M., & Walker, S. R. (2015). Strategic tillage in no-till farming systems in Australia's northern grains-growing regions: II. Implications for agronomy, soil and environment. *Soil and Tillage Research*, 152, 115–123. doi: [10.1016/j.still.2014.12.013](https://doi.org/10.1016/j.still.2014.12.013).
- Debiase, G., Montemurro, F., Fiore, A., Rotolo, C., Farrag, K., Miccolis, A., & Brunetti, G. (2016). Organic amendment and minimum tillage in winter wheat grown in Mediterranean conditions: Effects on yield performance, soil fertility and environmental impact. *European Journal of Agronomy*, 75, 149–157. doi: [10.1016/j.eja.2015.12.009](https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.12.009).
- Duchene, O., Vian, J.-F., & Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 148–161. doi: [10.1016/j.agee.2017.02.019](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019).
- Fiedler, S. R., Buczek, U., Jurasinski, G., & Glatzel, S. (2015). Soil respiration after tillage under different fertiliser treatments –

- implications for modelling and balancing. *Soil and Tillage Research*, 150, 30–42. doi: [10.1016/j.still.2014.12.015](https://doi.org/10.1016/j.still.2014.12.015).
- Geisseler, D., Linquist, B. A., & Lazicki, P. A. (2017). Effect of fertilization on soil microorganisms in paddy rice systems – A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 115, 452–460. doi: [10.1016/j.soilbio.2017.09.018](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.018).
- Götze, P., Rücknagel, J., Jacobs, A., Märkländer, B., Koch, H.-J., Holzweißig, B., Steinz, M., & Christen, O. (2016). Sugar beet rotation effects on soil organic matter and calculated humus balance in Central Germany. *European Journal of Agronomy*, 76, 198–207. doi: [10.1016/j.eja.2015.12.004](https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.12.004).
- Hydbom, S., Ernfors, M., Birgander, J., Hollander, J., Jensen, E. S., & Olsson, P. A. (2017). Reduced tillage stimulated symbiotic fungi and microbial saprotrophs, but did not lead to a shift in the saprotrophic microorganism community structure. *Applied Soil Ecology*, 119, 104–114. doi: [10.1016/j.apsoil.2017.05.032](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.032).
- Ishaq, M., Ibrahim, M., & Lal, R. (2002). Tillage effects on soil properties at different levels of fertilizer application in Punjab, Pakistan. *Soil and Tillage Research*, 68(2), 93–99. doi: [10.1016/S0167-1987\(02\)00111-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00111-3).
- Jia, R., Qu, Z., You, P., & Qu, D. (2018). Effect of biochar on photosynthetic microorganism growth and iron cycling in paddy soil under different phosphate levels. *Science of The Total Environment*, 612, 223–230. doi: [10.1016/j.scitotenv.2017.08.126](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.126).
- Joergensen, R. G., & Wichern, F. (2018). Alive and kicking: Why dormant soil microorganisms matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 116, 419–430. doi: [10.1016/j.soilbio.2017.10.022](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.10.022).
- Jokela, D., & Nair, A. (2016). Effects of reduced tillage and fertilizer application method on plant growth, yield, and soil health in organic bell pepper production. *Soil and Tillage Research*, 163, 243–254. doi: [10.1016/j.still.2016.06.010](https://doi.org/10.1016/j.still.2016.06.010).
- Keshavarz, R., Yesuf, A., Mohammed, A., & Chen, C. (2016). Enhanced efficiency nitrogen fertilizer effect on camelina production under conventional and conservation tillage practices. *Industrial Crops and Products*, 94, 783–789. doi: [10.1016/j.indcrop.2016.09.043](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.043).
- Kölli, R. (2017). Influence of land use change on fabric of humus cover (pro Humus form). *Applied Soil Ecology*. doi: [10.1016/j.apsoil.2017.06.022](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.022).
- Kots, S. Y., Pattika, N. V., & Pattika V. F. (2008). Mikrobiologichna transformatsiya azotu v gruntah [Microbiological transformation of nitrogen in the soils]. *Fodders and fodder production*, 62, 228–234 (in Ukrainian).
- Lebed, E. M., Andrusenko, I. I., & Pabat, I. A. (1992). Sivozmini v intensivnomu zemlerobstvi [Crops rotation in the intensive agriculture]. *Urozhay, Kiev* (in Ukrainian).
- Liu, S., Coyne, M. S., & Grove, J. H. (2017). Long-term tillage and nitrogen fertilization: Consequences for nitrifier density and activity. *Applied Soil Ecology*, 120, 121–127. doi: [10.1016/j.apsoil.2017.07.034](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.034).
- Lupwayi, N. Z., Grant, C. A., Soon, Y. K., Clayton, G. W., Bittman, S., Malhi, S. S., & Zebarth, B. J. (2010). Soil microbial community response to controlled-release urea fertilizer under zero tillage and conventional tillage. *Applied Soil Ecology*, 45(3), 254–261. doi: [10.1016/j.apsoil.2010.04.013](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.04.013).
- Lupwayi, N. Z., Lafond, G. P., Ziadi, N., & Grant, C. A. (2012). Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn. *Soil and Tillage Research*, 118, 139–146. doi: [10.1016/j.still.2011.11.006](https://doi.org/10.1016/j.still.2011.11.006).
- Maharjan, G. R., Prescher, A.-K., Nendel, C., Ewert, F., Mboh, C. M., Gaiser, Th., & Seidel, S. J. (2018). Approaches to model the impact of tillage implements on soil physical and nutrient properties in different agro-ecosystem models. *Soil and Tillage Research*, 180, 210–221. doi: [10.1016/j.still.2018.03.009](https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.009).
- Molina-Montenegro, M. A., Osés, R., Atala, C., Torres-Díaz, C., Bolados, G., & León-Lobos, P. (2016). Nurse effect and soil microorganisms are key to improve the establishment of native plants in a semiarid community. *Journal of Arid Environments*, 126, 54–61. doi: [10.1016/j.jaridenv.2015.10.016](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.10.016).
- Perego, A., Wu, L., Gerosa, G., Finco, A., Chiazzese, M., & Amaducci, S. (2016). Field evaluation combined with modelling analysis to study fertilizer and tillage as factors affecting N₂O emissions: A case study in the Po valley (Northern Italy). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 225, 72–85. doi: [10.1016/j.agee.2016.04.003](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.003).
- Pramanik, P., Safique, S., Zahan, A., Phukan, M., & Ghosh, S. (2017). Cellulolytic microorganisms control the availability of nitrogen in microcosm of shredded pruning litter treated highly acidic tea-growing soils of Assam in Northeast India. *Applied Soil Ecology*, 120, 30–34. doi: [10.1016/j.apsoil.2017.07.026](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.026).
- Saljnikov, E., Saljnikov, A., Rahimgalieva, S., Cakmak, D., Kresovic, M., Mrvic, V., & Dzhalkanzov, T. (2014). Impact of energy saving cultivations on soil parameters in northern Kazakhstan. *Energy*, 77, 35–41. doi: [10.1016/j.energy.2014.03.042](https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.03.042).
- Segal, L. M., Miller, D. N., McGhee, R. P., Loecke, T. D., Cook, K. L., Shapiro, C. A., & Drijber, R. A. (2017). Bacterial and archaeal ammonia oxidizers respond differently to long-term tillage and fertilizer management at a continuous maize site. *Soil and Tillage Research*, 168, 110–117. doi: [10.1016/j.still.2016.12.014](https://doi.org/10.1016/j.still.2016.12.014).
- Tao, J., Bai, T., Xiao, R., Wang, P., Wang, F., Duryee, A. M., Wang, Y., Zhang, Y., & Hu, Sh. (2018). Vertical distribution of ammonia-oxidizing microorganisms across a soil profile of the Chinese Loess Plateau and their responses to nitrogen inputs. *Science of The Total Environment*, 635, 240–248. doi: [10.1016/j.scitotenv.2018.04.104](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.104).
- Ushkarenko, V. O., Nikishenko, V. L., Goloborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2008). Dispersiyniy i korelyatsiyniy analiz v zemlerobstvi ta roslinnitsvi [Dispersion and correlation analysis in agriculture and crop production]. *Aylant, Kherson* (in Ukrainian).
- Veremeenko, S. I., & Trushev, S. S. (2011). Biologichni sistemi zemlerobstva [Biological systems of agriculture: tutorial]. *Rivne* (in Ukrainian).
- Wang, Y., Li, C., Tu, C., Hoyt, G. D., DeForest, J. L., & Hu, S. (2017). Long-term no-tillage and organic input management enhanced the diversity and stability of soil microbial community. *Science of The Total Environment*, 609, 341–347. doi: [10.1016/j.scitotenv.2017.07.053](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.053).
- Watts, D. B., Runion, G. B., & Balkcom, K. S. (2017). Nitrogen fertilizer sources and tillage effects on cotton growth, yield, and fiber quality in a coastal plain soil. *Field Crops Research*, 201, 184–191. doi: [10.1016/j.fcr.2016.11.008](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.008).
- Williams, M. R., King, K. W., Duncan, E. W., Pease, L. A., & Penn, C. J. (2018). Fertilizer placement and tillage effects on phosphorus concentration in leachate from fine-textured soils. *Soil and Tillage Research*, 178, 130–138. doi: [10.1016/j.still.2017.12.010](https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.010).
- Yan, N., Marschner, P., Cao, W., Zuo, C., & Qin, W. (2015). Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(4), 316–323. doi: [10.1016/j.iswcr.2015.11.003](https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003).
- Yang, L., Zhang, L., Geisseler, D., Wu, Z., Gong, P., Xue, Y., Yu, C., Juan, Y., & Horwath, W. R. (2016). Available C and N affect the utilization of glycine by soil microorganisms. *Geoderma*, 283, 32–38. doi: [10.1016/j.geoderma.2016.07.022](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.022).
- Zanella, A., Bolzonella, C., Lowenfels, J., Ponge, J.-F., Bouché, M., Saha, D., Kukal, S. S., Fritz, I., Savory, A., Blouin, M., Sartori, L., Tatti, D., Kellermann, L. A., Trachsel, P., Burgos, S., Minasny, B., & Fukuoka, M. (2018). Humusica 2, article 19: Techno humus systems and global change-conservation agriculture and 4/1000 proposal. *Applied Soil Ecology*, 122(2), 271–296. doi: [10.1016/j.apsoil.2017.10.036](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.036).
- Zhang, P., Ren, C., Sun H., & Min, L. (2018). Sorption, desorption and degradation of neonicotinoids in four agricultural soils and their effects on soil microorganisms. *Science of The Total Environment*, 615, 59–69. doi: [10.1016/j.scitotenv.2017.09.097](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.097).
- Zvyagintseva, D. G. (1991) *Metodu pochvennoy mikrobiologii i biohimii* [Methods of Soil Microbiology and Biochemistry]. Kolos, Moscow (in Russian).